



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101652867 B

(45) 授权公告日 2012. 08. 08

(21) 申请号 200880011362. 3

(22) 申请日 2008. 03. 24

(30) 优先权数据

101182/2007 2007. 04. 06 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 10. 09

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2008/056254 2008. 03. 24

(87) PCT申请的公布数据

W02008/126706 EN 2008. 10. 23

(73) 专利权人 株式会社半导体能源研究所

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 山崎舜平 荒井康行

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 项丹 谢喜堂

(51) Int. Cl.

H01L 31/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 1227307 A, 1989. 09. 11,

CN 1157766 C, 2004. 07. 14,

JP 2004087667 A, 2004. 03. 18,

JP 2000150940 A, 2000. 05. 30,

JP 2000150940 A, 2000. 05. 30,

审查员 李介胜

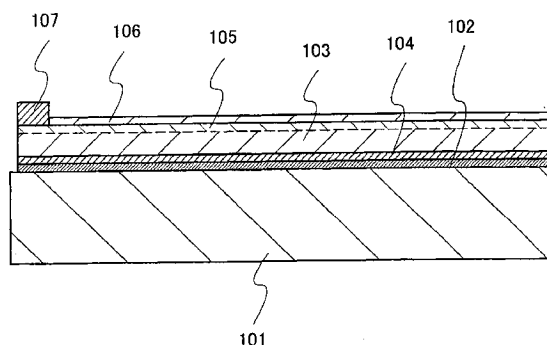
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 18 页

(54) 发明名称

光伏器件及其制造方法

(57) 摘要

本发明的要点是提供一种光伏器件, 其中设置在具有绝缘表面的基板或绝缘基板上的单晶半导体层用作光电转换层, 且单晶半导体层设置有所谓的 SOI 结构, 其中单晶半导体层接合到基板且绝缘层插入其间。作为具有光电转换层功能的单晶半导体层, 使用通过单晶半导体基板的外层部分的分离和转移获得的单晶半导体层。



1. 一种用于制造光伏器件的方法,包括:

将一类离子或各自包括相同原子的不同质量的多类离子引入单晶半导体基板中,以在所述单晶半导体基板区域中距离所述单晶半导体基板表面预定深度处形成分离层,所述离子是通过使选自氢、氦或卤素的源气体受到等离子体激发而产生的,

通过化学气相沉积法利用有机硅烷气体在所述单晶半导体基板上形成氧化硅膜;

通过使用惰性气体的离子束辐射来清洗氧化硅膜和具有绝缘表面的基板的表面;

通过使所述单晶半导体基板和具有绝缘表面的基板重叠来将所述单晶半导体基板接合到具有绝缘表面的基板上,且所述氧化硅膜插入其间;

在所述单晶半导体基板和具有绝缘表面的所述基板相互重叠的状态下进行热处理以便在所述分离层中形成分裂,且分离和去除单晶半导体基板,使单晶半导体层留在所述具有绝缘表面的基板上,以及

通过将杂质元素添加到所述单晶半导体层形成杂质半导体层作为光电转换层。

2. 如权利要求1所述的用于制造光伏器件的方法,其特征在于,作为有机硅烷气体,使用选自四乙氧基硅烷(TEOS)(化学式: $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)、三甲硅烷(TMS)(化学式: $(\text{CH}_3)_3\text{SiH}$)、四甲基环四硅氧烷(TMCTS)、八甲基环四硅氧烷(OMCTS)、六甲基二硅氮烷(HMDS)、三乙氧基硅烷(化学式: $\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$)以及三二甲基氨基硅烷(化学式: $\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$)的一类。

3. 如权利要求1所述的用于制造光伏器件的方法,其特征在于,通过化学气相沉积法利用有机硅烷气体在所述单晶半导体基板上形成氧化硅膜的温度是引入所述分离层中的元素不离开的温度,且在引入所述分离层中的元素离开的温度下进行热处理。

4. 如权利要求1所述的用于制造光伏器件的方法,其特征在于,通过化学气相沉积法利用有机硅烷气体在所述单晶半导体基板上形成氧化硅膜的温度是 350°C 或更低,且在 400°C 或更高的温度下进行所述热处理。

5. 如权利要求1所述的用于制造光伏器件的方法,其特征在于,通过引入 H^+ 、 H_2^+ 和 H_3^+ 离子且 H_3^+ 离子的比例高来形成所述分离层。

6. 一种用于制造光伏器件的方法,包括:

将一类离子或各自包括相同原子的不同质量的多类离子引入单晶半导体基板中以在所述单晶半导体基板区域中距离所述单晶半导体基板表面预定深度处形成分离层,所述离子是通过使选自氢、氦或卤素的源气体受到等离子体激发而产生的,

在比形成在所述单晶半导体基板中形成的所述分离层的深度浅的深度处的所述单晶半导体基板的区域中添加控制导电性的杂质元素,以形成杂质半导体层;

在所述杂质半导体层上形成第一电极;

通过化学气相沉积法利用有机硅烷气体在所述第一电极上形成氧化硅膜;

通过使用惰性气体的离子束辐射来清洗氧化硅膜和具有绝缘表面的基板的表面;

通过使所述单晶半导体基板和具有绝缘表面的基板重叠来将所述单晶半导体基板接合到具有绝缘表面的基板上,且所述氧化硅膜插入其间;

在所述单晶半导体基板和具有绝缘表面的所述基板相互重叠的状态下进行热处理以便在所述分离层中形成分裂,且分离所述单晶半导体基板,以便在具有绝缘表面的所述基板上形成单晶半导体层,

在所述单晶半导体层中形成具有与所述杂质半导体层相反导电性的杂质半导体层,以

及

在具有相反导电性的所述杂质半导体层上形成第二电极。

7. 如权利要求 6 所述的用于制造光伏器件的方法,其特征在于,作为有机硅烷气体,使用选自四乙氧基硅烷 (TEOS) (化学式: $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)、三甲硅烷 (TMS) (化学式: $(\text{CH}_3)_3\text{SiH}$)、四甲基环四硅氧烷 (TMCTS)、八甲基环四硅氧烷 (OMCTS)、六甲基二硅氮烷 (HMDS)、三乙氧基硅烷 (化学式: $\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$) 以及三二甲基氨基硅烷 (化学式: $\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$) 的一类。

8. 如权利要求 6 所述的用于制造光伏器件的方法,其特征在于,通过化学气相沉积法利用有机硅烷气体在所述单晶半导体基板上形成氧化硅膜的温度是引入所述分离层中的元素不离开的温度,且在引入所述分离层中的元素离开的温度下进行热处理。

9. 如权利要求 6 所述的用于制造光伏器件的方法,其特征在于,通过化学气相沉积法利用有机硅烷气体在所述单晶半导体基板上形成氧化硅膜的温度是 350°C 或更低,且在 400°C 或更高的温度下进行所述热处理。

10. 如权利要求 6 所述的用于制造光伏器件的方法,其特征在于,通过引入 H^+ 、 H_2^+ 和 H_3^+ 离子且 H_3^+ 离子的比例高来形成所述分离层。

光伏器件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及使用单晶半导体或多晶半导体的光伏器件以及该光伏器件的制造方法。具体地,本发明涉及其中单晶层或多晶半导体层设置在具有绝缘特性的支承基板上的光伏器件。

背景技术

[0002] 作为抵抗全球变暖的措施,在很多地方引入太阳能光伏系统。在 2005 年全世界的光伏器件的总产出是 1759MW,比前一财政年度增加 147%。目前,最普遍的光伏器件是晶体光伏器件,且利用单晶硅或多晶硅的光伏器件占大部分产品。称为晶体光伏器件的光伏器件使用硅晶片作为基板,该硅晶片是通过切割制造的大硅晶块来获得的。

[0003] 估计在使用单晶硅或多晶硅的晶体光伏器件中,约为 $10\mu\text{m}$ 的硅晶片厚度足够用于生成光电动势。然而,从硅晶块切下的硅晶片具有约 200 至 $500\mu\text{m}$ 的厚度。这意味着在光伏器件中使用的硅晶片的仅约 5% 对光电转换起作用。

[0004] 随着光伏器件生产的增加,在产业中,作为硅材料(硅晶块)的多晶硅供应的短缺以及硅晶片价格的急剧上升成为问题。2006 年全世界包括用于半导体多晶硅的多晶硅生产是约 37000 吨,其中的 11000 吨用于太阳能销售。太阳能产品销售逐年增长且需要已经紧张。为了增加多晶硅的生产能力,需要大量投资,且很难确保生产与要求相符合。因此,预期硅晶片供应的短缺将继续。

[0005] 在本文中,作为使用单晶半导体基板的光伏器件的另一种模式,给出了使用形成薄片为单晶半导体层的光伏器件。例如,专利文献 2(专利文献 2:日本公开专利申请 No. H10-335683)披露了一种串联太阳能电池,其中将氢离子注入单晶硅基板,从该单晶硅基板分离的层状单晶硅层被布置在支承基板上以便降低成本并节约资源,同时维持高的转换效率。在该串联太阳能电池中,利用导电胶使单晶半导体层和基板彼此接合。

[0006] 此外,按照惯例已经作出在基板上直接形成结晶半导体层的尝试。例如,开发出一种用于制造硅薄膜光伏器件的方法,其中通过使用高于 27MHz 的 VHF 和调制 VHF 的脉冲在基板上沉积结晶硅膜(参见专利文献 1:日本公开专利申请 No. 2005-50905)。此外,披露了在薄膜多晶硅膜通过等离子体 CVD 法形成在称为纹理电极(texture electrode)的、其表面具有微小的不均匀性的特定电极上时,一种用于控制等离子体处理条件以优化晶粒和进入晶粒边界的掺杂剂的浓度的技术(参见专利文献 3:日本公开专利申请 No. 2004-14958)。

发明内容

[0007] 然而,在晶体薄膜硅光伏器件中,问题在于与单晶硅相比晶体质量差且转换效率低。通过化学气相沉积方法沉积厚度大于或等于 $1\mu\text{m}$ 的多晶硅膜或微晶硅膜是必须的,导致生产率差的问题。在化学气相沉积方法中,为了膜形成,必须使大量材料气体流动。然而,仅几个百分比的材料气体用于生长膜且其余气体被排放。即,在化学气相沉积方法中,问题在于材料气体的有效使用率低;因此,没有发现晶体薄膜硅光伏器件在制造成本方面的足

够优势。此外,作为晶体光伏器件中的半导体基板,使用厚度是光电转换所需厚度的十倍或更多倍的半导体基板。因此,浪费了昂贵的晶片。

[0008] 此外,在利用导电胶将形成片的单晶半导体层与支承基板接合的方法中,问题是不能长时间地维持接合强度。具体地,在光伏器件曝露于直射日光下的情形中,问题在于包含在导电胶中的有机材料变性且接合强度降低。此外,存在可靠性的问题,使得导电胶中的导电材料(例如,银)扩散到单晶半导体层,这会劣化半导体的光电转换特性。

[0009] 鉴于以上问题,本发明的目的是获取由单晶半导体或多晶半导体形成的减薄的光电转换层。本发明的另一个目的是有效地使用光电转换必须的硅半导体材料。本发明的又一个目的是改进光伏器件的可靠性。

[0010] 本发明的一个方面是光伏器件,其具有设置在具有绝缘表面的基板或绝缘基板上的单晶半导体层,其中设置所谓的 SOI 结构,其中单晶半导体层接合到基板且绝缘层插入其间。在光伏器件中,单晶半导体层具有光电转换的功能。通过分离单晶半导体基板的外层部分并将该部分转移到具有绝缘表面的基板或绝缘基板来获得单晶半导体层。在本发明中,可使用多晶半导体来代替单晶半导体。

[0011] 单晶半导体层和具有绝缘表面的基板或绝缘基板彼此接合,且具有光滑表面并形成亲水性表面的层插入其间。在本说明书中,为了方便起见,该层也被称为“接合层”。在接合形成的最初阶段,利用范德瓦尔斯力或氢键作为接合该接合层和单晶半导体层、或者该接合层和具有绝缘表面的基板或绝缘基板的力。在接合形成的初始阶段之后进行热处理,从而接合部分被改变成具有共价键由此进一步增加接合力。

[0012] 在将基板接合到单晶半导体层时,优选使用氧化硅膜作为接合层,利用有机硅烷作为材料在将形成接合的一个或两个表面上形成该氧化硅膜。可使用的有机硅烷的示例包括含硅化合物,诸如四乙氧基硅烷 (TEOS) (化学式: $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)、三甲硅烷 (TMS) (化学式: $(\text{CH}_3)_3\text{SiH}$)、四甲基环四硅氧烷 (TMCTS)、八甲基环四硅氧烷 (OMCTS)、六甲基二硅氮烷 (HMDS)、三乙氧基硅烷 (化学式: $\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$) 以及三二甲基氨基硅烷 (化学式: $\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$)。

[0013] 通过形成其中将氢离子、以氦为代表的惰性气体离子或以氟为代表的卤素离子以高浓度引入单晶半导体基板的区域(在下文中称之为“分离层”),并解理该区域获得设置在具有绝缘基板的基板或绝缘基板上的单晶半导体层。例如,当通过将氢离子添加至单晶半导体基板形成分离层时,优选的是引入一类离子或各自构成相同原子的不同质量的多类离子。具体地,优选地在包括 H^+ 、 H_2^+ 和 H_3^+ 离子作为氢离子且 H_3^+ 的比例增加的状态下进行引入。通过引入具有大量原子的离子,可显著增加剂量因此可提高生产率。

[0014] 通过使用从单晶半导体基板分离的单晶半导体层,能够获得在光电转换特性极好的光伏器件。通过在具有绝缘表面的基板或绝缘基板和从单晶半导体基板分离的单晶半导体层之间设置接合层,两者可强有力地相互接合。利用特定的氧化硅膜作为接合层,可在小于或等于 700°C 的温度下进行接合。因此,即使在使用诸如玻璃基板之类的具有 700°C 或更低的温度上限的基板的情况下,能够在玻璃等基板上设置接合部分具有高接合强度的单晶半导体层。

[0015] 作为固定单晶半导体层的基板,有可能使用电子产业中使用的且称为非碱玻璃基板的多种玻璃基板中的任一种,诸如铝硅酸盐玻璃基板、铝硼硅酸盐玻璃基板和溴硼硅酸

盐玻璃基板。换言之，单晶半导体层可形成在每一侧均长于 1 米的基板上。利用这种大面积的基板，能够获得光电转换特性极好的光伏器件。

附图说明

[0016] 在附图中：

[0017] 图 1A 和 1B 是各自示出其中绝缘基板上的单晶半导体层被用作光电转换层的光伏器件的横截面结构的视图；

[0018] 图 2A 和 2B 是各自示出其中绝缘基板上的单晶半导体层被用作光电转换层的光伏器件的横截面结构的视图；

[0019] 图 3 是与实施方式有关的光伏器件的俯视图；

[0020] 图 4A 至 4D 是示出与实施方式有关的光伏器件的制造步骤的横截面图；

[0021] 图 5A 和 5B 是示出与实施方式有关的光伏器件的制造步骤的横截面图；

[0022] 图 6A 至 6C 是示出与实施方式有关的光伏器件的制造步骤的横截面图；

[0023] 图 7 是与实施方式有关的太阳能光伏组件的制造步骤的俯视图；

[0024] 图 8A 和 8B 是示出与实施方式有关的太阳能光伏组件的制造步骤的横截面图；

[0025] 图 9 是与实施方式有关的太阳能光伏组件的制造步骤的俯视图；

[0026] 图 10A 和 10B 是示出与实施方式有关的太阳能光伏组件的制造步骤的横截面图；

[0027] 图 11 是与实施方式有关的太阳能光伏组件的制造步骤的俯视图；

[0028] 图 12A 和 12B 是示出与实施方式有关的太阳能光伏组件的制造步骤的横截面图；

[0029] 图 13 是与实施方式有关的光伏组件的俯视图；

[0030] 图 14A 至 14C 是示出与实施方式有关的光伏组件的制造步骤的横截面图；

[0031] 图 15A 和 15B 是示出与实施方式有关的光伏组件的制造步骤的横截面图；以及

[0032] 图 16A 至 16D 是示出与实施方式有关的光伏组件的制造步骤的横截面图。

具体实施方式

[0033] [实施方式]

[0034] 下文将参考附图描述本发明的实施方式。然而，本发明不限于以下给出的描述，且本领域中的技术人员显而易见的是，在不背离本发明的目的和范围的情况下可进行其方式和细节方面的各种变化和修改。因此，本发明不应被解释为限制于以下给出的实施方式的描述。注意，在以下描述的本发明的结构中，在不同附图中类似的附图标记用于类似的部分。

[0035] （光伏器件的结构）

[0036] 图 1A 示出其中基板 101 设置有半导体层 103 的光伏器件的横截面结构。基板 101 是具有绝缘表面的基板或绝缘基板，且可使用在电子产业中使用的多种玻璃基板中的任一种，诸如铝硅酸盐玻璃基板、铝硼硅酸盐玻璃基板和溴硼硅酸盐玻璃基板。或者，可使用石英玻璃基板或诸如硅晶片之类的半导体基板。可使用从单晶半导体基板或多晶半导体基板分离的诸如硅、锗、砷化镓或磷化铟的半导体材料作为半导体层 103。优选地，用单晶硅作为半导体层 103。

[0037] 在基板 101 和半导体层 103 之间，提供具有平坦表面并形成亲水性表面的接合层

102。氧化硅膜适合用作接合层 102。作为接合层 102,通过化学气相沉积方法利用有机硅烷气体形成的氧化硅膜是特别优选的。可使用的有机硅烷的示例包括含硅化合物,诸如四乙氧基硅烷 (TEOS) (化学式: $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$)、三甲硅烷 (TMS) (化学式: $(\text{CH}_3)_3\text{SiH}$)、四甲基环四硅氧烷 (TMCTS)、八甲基环四硅氧烷 (OMCTS)、六甲基二硅氮烷 (HMDS)、三乙氧基硅烷 (化学式: $\text{SiH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$) 以及三二甲基氨基硅烷 (化学式: $\text{SiH}(\text{N}(\text{CH}_3)_2)_3$)。

[0038] 具有光滑表面并形成亲水表面的接合层 102 被设置成 5 至 500nm 的厚度。该厚度有效地用于使接合层 102 的表面平滑且用于减轻由于半导体层 103 和基板 101 之间的应力引起的变形。

[0039] 在图 1A 中,接合层 102 设置在半导体层 103 一侧上,且布置成与基板 101 的表面接触,从而即使在室温下也能够进行接合。为了形成较强接合,可按压基板 101 和半导体层 103。此外,当对基板 101 进行热处理时,并且形成在半导体层 103 上的接合层 102 被布置成与基板 101 接触,能够形成强接合。在这种情形中,可在压力下进行热处理。

[0040] 为了在低温下使基板 101 和接合层 102 彼此接合,需要清洗其表面。当使被清洗的基板 101 和接合层 102 的表面布置成相互接触时,通过表面之间的吸引形成接合。在这种情况下,优选的是进行处理,其中羟基被附连至基板 101 和接合层 102 之一或每一个的接合形成表面。通过氧等离子体处理或臭氧处理,使得基板 101 的表面有亲水性。考虑到因为受到氧等离子体处理或臭氧处理的表面被激发且羟基被附连而发生这种现象。即,在进行使基板 101 的表面有亲水性的处理的情形中,通过表面上的羟基的作用由氢键接合形成接合。为了增加在室温下形成的接合的强度,优选的是进行热处理。

[0041] 作为在低温下使基板 101 与接合层 102 相互接合的处理,可通过利用诸如氩的惰性气体的离子束辐射来清洗形成接合的表面。通过用离子束辐射,自由键暴露在基板 101 或接合层 102 的表面上,且形成极活性表面。当将由此激发的表面布置成相互接触时,即使在低温下也能形成接合。优选地在真空中实施通过激发表面形成接合的方法,因为表面非常清洁是必须的。

[0042] 通过从单晶半导体基板分离薄片来获得半导体层 103。例如,可通过氢离子注入分离法形成半导体层 103,其中氢离子以高浓度被引入单晶半导体基板的预定深度,然后,执行热处理且分离外层中的单晶硅层。或者,可使用一种方法,其中在多孔硅上外延生长单晶硅之后通过喷水进行解理使得分离出多孔硅层。半导体层 103 的厚度被设置成 0.1 至 10 μm 。半导体层 103 的厚度足够用于日光的吸收。此外,其厚度适于提取光生载流子,该光生载流子在由于复合而使光生载流子消失之前通过电极流过半导体层 103。

[0043] 第一杂质半导体层 105 设置在半导体层 103 中。赋予 p 型或 n 型导电性的杂质元素被添加至第一杂质半导体层 105。诸如硼之类的属于周期表中的族 13 的元素被用作 p 型杂质,且诸如磷或砷之类的属于周期表中的族 15 的元素被用作 n 型杂质。可通过离子注入法或离子掺杂法添加杂质元素。在本说明中,离子注入法指的是其中受到质量分离的电离气体被注入半导体的方法,且离子掺杂法指的是其中受到质量分离的电离气体被引入半导体的方法。例如,在半导体层 103 具有 p 型导电性的情形中,将磷或砷添加到第一杂质半导体层 105,使得第一杂质半导体层 105 具有 n 型导电性。在半导体层 103 具有 n 型导电性的情形中,将硼添加到第一杂质半导体层 105,使得第一杂质半导体层 105 具有 p 型导电性。

[0044] 第一电极 104 被设置在半导体层 103 和接合层 102 之间。在入射平面在第一杂质

半导体层 105 一侧上的情形中,由诸如铝、镍或银之类的金属形成第一电极 104。相反,在入射平面在基板 101 一侧上的情形中,由氧化锡铟等的透明电极形成第一电极 104。

[0045] 第二电极 107 设置在第一杂质半导体层 105 上。在入射平面在第一杂质半导体层 105 一侧的情形中,由铝、银等形成的电极形成第二电极 107,并形成梳形,或者由氧化锡铟等的透明电极形成第二电极 107。在该结构中,优选地在第一杂质半导体层 105 上设置保护膜 106。优选地由氮化硅膜形成保护膜 106。此外,可层叠氮化硅膜和氟化镁膜,使得可增加抗反射膜的功能。相反,在入射平面在基板 101 一侧的情形中,可由诸如铝之类的金属形成第二电极 107。

[0046] 图 1B 示出其中基板 101 设置有阻挡层 108 和接合层 102 的光伏器件的结构。当提供阻挡层 108 时,可防止半导体层 103 被来自基板 101 的杂质的扩散污染。即,可防止诸如类似碱金属或碱土金属的移动离子之类的杂质从半导体层 103 中的基板 101 扩散。阻挡层 108 优选地由氮化硅、氮化铝等致密绝缘膜形成。在这种情形中,接合层 102 优选设置在阻挡层 108 上,而阻挡层 108 设置在基板 101 上。当接合层 102 同样设置在基板 101 一侧时,可形成良好的接合。

[0047] 图 2A 示出其中第二杂质半导体层 109 设置在半导体层 103 中的光伏器件的结构。第二杂质半导体层 109 设置在半导体层 103 中与第一杂质半导体层 105 相对的一侧上。形成第一杂质半导体层 105 和第二杂质半导体层 109 使之具有不同的导电类型。例如,在第一杂质半导体层 105 具有 n 型导电性的情形中,形成第二杂质半导体层 109 使之具有 p 型导电性。此时,在入射平面在第一杂质半导体层 105 一侧的情形中,通过相对一侧上的第二杂质半导体层 109 生成内部电场。该电场被称为背面电场 (BSF)。这种结构适于改进光生载流子的外量子效率。这种结构在其中光电转换层由厚度为 0.1 至 10 μm 的半导体层 103 形成的光伏器件中有效地起作用。其它部分类似于图 1A。

[0048] 图 2B 示出其中第一杂质半导体层 105 和第二杂质半导体层 109 设置在半导体层 103 的一侧表面且氧化硅层 110 设置在其相对侧表面的结构。氧化硅层 110 由氧化硅形成,该氧化硅通过热氧化或化学气相沉积法利用硅烷气体形成。利用氧化硅层 110 和形成在基板 101 上的接合层 102 使半导体层 103 接合到基板 101 上。在该结构中,入射平面优选地设置在基板 101 一侧上。因为屏蔽光的电极没有形成在入射平面一侧,所以可扩大有效光接收区。

[0049] 如上所述,参考图 1A 至 2B 描述了利用接合在基板 101 上的半导体层 103 的光伏器件的结构。然而,该方式不限于上述结构,且可通过自由地组合该结构中的组件来实现。此外,可使用多晶半导体层来代替单晶半导体层。

[0050] (光伏器件的制造步骤 1)

[0051] 参考附图描述一种用于制造光伏器件的方法,其中从单晶半导体基板分离薄单晶半导体层且该单晶半导体层被转移到具有绝缘表面的基板上或绝缘基板上。

[0052] 图 3 是与该方式有关的光伏器件的俯视图。该光伏器件具有其中光入射到接合在基板 101 上的半导体层 103 上的结构。在基板 101 的外围部分中,设置有开口的绝缘层 115 设置在半导体层 103 上。第一杂质半导体层 105 设置在半导体层 103 中。在第一杂质半导体层 105 上,形成具有梳形的第二电极 107。提取电极 116 通过穿透绝缘层 115 和半导体层 103 的接触孔电连接到第一电极。

[0053] 接下来,参考对应于图 3 中的线 A-B 的横截面图描述制造光伏器件的步骤。

[0054] 图 4A 示出其中表面保护膜 112 形成在单晶半导体基板 111 上且通过离子掺杂法形成分离层 113 的步骤。清洗单晶半导体基板 111,在其表面上形成表面保护膜 112。单晶半导体基板 111 的典型示例是单晶硅基板。例如,作为单晶半导体基板 111,使用其表面进行镜面抛光的硅晶片。优选地由氧化硅或氮化硅形成表面保护膜 112,且通过化学气相沉积法形成表面保护膜 112。优选地设置表面保护膜 112 以便保护单晶半导体基板 111 的表面以免由于离子掺杂而粗糙。将表面保护膜 112 设置成具有 50 至 200nm 的厚度。用由电场加速的离子辐射表面保护膜 112 的表面,使得在单晶半导体层基板 111 中的预定深度处形成分离层 113。

[0055] 考虑将被转移至支承基板的半导体层的厚度,确定从单晶半导体基板 111 的表面至分离层 113 的距离。在光伏器件中,半导体层 103 的厚度被设置成 0.1 至 10 μm 。为了在距离单晶半导体基板 111 的表面相对深的位置形成分离层 113,通过 80kV 或更高的高电压加速离子。离子优选地以近似直角入射在单晶半导体基板 111 的主平面上。当离子被引入单晶半导体基板 111 时,可积极地利用沟道现象,使得离子可被深度地引入深位置。例如,当单晶半导体基板 111 的晶面方向被选择成使得离子垂直入射到晶轴 100 时,离子可被深度地引入。

[0056] 通过用氢、氦或以氟为代表的卤素离子以高浓度掺杂单晶半导体基板 111 来形成分离层 113。在这种情形中,优选地引入一种类型的离子或不同质量的各自构成同一原子的多种类型的离子,这些离子是通过使选自氢、氦或卤素的源气体受到等离子体激发而产生。在引入氢离子的情形中,氢离子包括 H^+ 、 H_2^+ 和 H_3^+ 离子且 H_3^+ 离子的比例高;因此,可提高氢的引入效率由此缩短掺杂的时间。通过引入带有大量原子的氢离子,在分离层 113 中形成硅的自由键,且自由键被封端以形成微小空隙(微孔)。因为微孔可包括氢,所以可容易地分离半导体层,甚至通过低温热处理。

[0057] 图 4B 示出在单晶半导体基板 111 上形成第二杂质半导体层 109 的步骤。通过在浅深度处利用硼作为赋予 p 型导电性的杂质元素掺杂单晶半导体基板 111 的区域来形成第二杂质半导体层 109。在该方式的光伏器件中,第二杂质半导体层 109 被设置在与入射平面相对的一侧上,使得形成背面电场(BSF)。

[0058] 图 4C 示出在第二杂质半导体层 109 上形成第一电极 104 的步骤。第一电极 104 由诸如铝、镍或银之类的金属形成。通过真空沉积法或溅射法形成第一电极 104,使得其表面平坦化。

[0059] 图 4D 示出其中将覆盖单晶半导体基板 111 的氮化硅层 114 设置在第一电极 104 上且进一步形成接合层 102 的步骤。优选地设置氮化硅层 114,以便防止杂质污染。由于氮化硅层 114,可防止半导体层受到诸如可移动离子或湿气之类的杂质扩散的污染。此外,优选地设置氮化硅层 114,以便防止第一电极 104 在形成接合层 102 时被氧化。

[0060] 由氧化硅膜形成接合层 102。作为氧化硅膜,通过化学气相沉积法利用如上所述的有机硅烷气体形成的氧化硅膜是优选的。或者,可使用通过化学气相沉积法利用硅烷气体形成的氧化硅膜。在小于或等于 350°C 的膜形成温度下,例如,在单晶半导体基板中形成的分离层 113 中不发生脱气的温度下,执行通过化学气相沉积法的膜形成。相反,在高于膜形成温度的热处理温度下执行用于将半导体层从单晶半导体基板 111 分离的热处理。

[0061] 图 5A 示出一步骤,在该步骤中,基板 101 被布置成与形成在单晶半导体基板 111 上的接合层 102 的表面接触,从而使两者相互接合。充分清洗将形成接合的表面。然后,基板 101 和接合层 102 被布置成相互接触,从而在其间形成接合。通过如上所述的氢键的作用形成该接合。通过使基板 101 和单晶半导体基板 111 相互按压,能够进一步可靠地形成接合。

[0062] 为了形成优良接合,该接合构成良好接触,可激发基板 101 和 / 或接合层 102 的一个 / 多个表面。例如,用原子束或离子束辐射将形成接合的表面。当使用原子束或离子束时,可使用氩等的惰性气体中性原子束或惰性气体离子束。或者,在将形成接合的表面上执行等离子体辐射或基团处理。这种表面处理使得即使在 200 至 400℃ 的温度下在不同类型的材料之间形成接合也是容易的。

[0063] 在基板 101 和单晶半导体基板 111 彼此接合且接合层插入其间之后,优选地执行热处理或压力处理。热处理或压力处理使得有可能增加接合强度。优选地在等于或低于基板 101 的温度上限的温度下执行热处理。考虑到基板 101 和单晶半导体基板 111 的压力阻力,执行压力处理使得沿垂直于接合表面的方向施加压力。

[0064] 图 5B 示出其中在基板 101 和单晶半导体基板 111 接合在一起之后,执行热处理以将单晶半导体基板 111 与基板 101 分离且分离层 113 用作解理面的步骤。优选在从形成接合层 102 的温度至基板 101 的温度上限的温度范围中执行热处理。当在例如 400 至 600℃ 下执行热处理时,在分离层 113 中形成的微孔的体积发生变化,这实现了单晶半导体基板 111 与留在基板 101 上的半导体层 103 分离。

[0065] 图 6A 示出其中绝缘层 115 形成在接合到基板 101 的半导体层 103 上的步骤。作为绝缘层 115,优选地通过化学气相沉积法形成氮化硅膜或氧化硅膜。

[0066] 图 6B 示出其中在绝缘层 115 中形成开口且从开口添加作为 n 型杂质元素的磷或砷以形成第一杂质半导体层 105 的步骤。第一杂质半导体层 105 用作入射平面。

[0067] 图 6C 示出其中在形成氮化硅膜或氟化镁膜作为保护膜 106 之后,形成第二电极 107 和连接到第一电极 104 的提取电极 116 的步骤。在形成穿透半导体层 103 的接触孔之后形成提取电极 116。可由铝、银、铅锡(焊料)等形成第二电极 107 和提取电极 116。例如,可通过丝网印刷法利用银胶形成第二电极 107 和提取电极 116。

[0068] 以这一方式,可制造图 3 所示的光伏器件。根据该模式,能够在小于或等于 700℃ 的处理温度(优选地,小于或等于 500℃)下制造单晶光伏器件。换言之,可在大面积玻璃基板上利用 700℃ 或更低的温度上限制制造设置有单晶半导体层的高效率光伏器件。通过分离单晶半导体基板的外层获得单晶半导体层。因为能够重复使用单晶半导体基板,所以可有效地利用资源。

[0069] (光伏器件的制造步骤 2)

[0070] 该方式描述制造光伏器件的方法,其中光发射基板用作光接收平面。在该模式中,为了说明,用相同的附图标记指示与图 4A 至 6C 相同的元件和具有共同功能的元件,因此省略其重复说明。

[0071] 图 13 是与该方式有关的光伏器件的俯视图,该图是从与光接收平面相对的表面观看的。该光伏器件具有其中光从基板 101 一侧入射到接合在基板 101 上的半导体层 103 上的结构。提取电极 116 和第二电极 107 形成在半导体层 103 上。提取电极 116 被构造成

通过穿透半导体层 103 的接触孔连接至基板 101 一侧上的第一电极。

[0072] 接下来,参考对应于图 13 中的线 G-H 的横截面图描述制造该光伏器件的步骤。

[0073] 图 14A 示出其中表面保护膜 112 形成在单晶半导体基板 111 上且通过离子掺杂法形成分离层 113 的步骤。

[0074] 图 14B 示出在单晶半导体基板 111 上形成第一杂质半导体层 105 的步骤。通过在浅深度处利用磷或砷作为赋予 n 型导电性的杂质元素掺杂单晶半导体基板 111 的区域来形成第一杂质半导体层 105。

[0075] 图 14C 示出其中将覆盖单晶半导体基板 111 的氮化硅层 114 设置在第一杂质半导体层 105 上且进一步形成接合层 102 的步骤。

[0076] 图 15A 示出其中基板 101 被布置成与形成在单晶半导体基板 111 上的接合层 102 的表面接触,从而使两者相互接合的步骤。充分清洗将形成接合的表面。然后,基板 101 和接合层 102 被布置成相互接触,从而在其间形成接合。在基板 101 和单晶半导体基板 111 彼此接合且接合层 102 插入其间之后,优选地执行热处理或压力处理热处理或压力处理使得有可能增加接合强度。优选地在等于或低于基板 101 的温度上限的温度下执行热处理。考虑到基板 101 和单晶半导体基板 111 的压力阻力,执行压力处理使得沿垂直于接合表面的方向施加压力。

[0077] 图 15B 示出其中在基板 101 和单晶半导体基板 111 相互接合,执行热处理以将单晶半导体基板 111 与基板 101 分离且分离层 113 用作解理面的步骤。优选地在从形成接合层 102 的温度至基板 101 的温度上限的温度范围中执行热处理。例如,当在 400 至 600℃ 下执行热处理时,在分离层 113 中形成的微孔的体积发生变化,这实现了单晶半导体基板 111 与留在基板 101 上的半导体层 103 的分离。

[0078] 图 16A 示出其中绝缘层 115 形成在接合到基板 101 的半导体层 103 上的步骤。图 16B 示出其中在绝缘层 115 中形成开口且从开口添加作为 p 型杂质元素的硼以形成第二杂质半导体层 109。处理绝缘层 115 中形成的开口,使得留在半导体层 103 上的绝缘层具有梳形。

[0079] 图 16C 示出其中从留在半导体层 103 上的绝缘层 115 的顶部向下形成接触孔 117 的步骤。以用冷凝激光束辐射并处理半导体层 103 这一方式,形成接触孔 117。

[0080] 图 16D 示出其中形成连接至第一杂质半导体层 105 的第二电极 107 和提取电极 116 的步骤。在形成穿透半导体层 103 的接触孔之后形成提取电极 116。可由诸如铝、银、铅锡(焊料)等金属材料形成第二电极 107 和提取电极 116。例如,可通过丝网印刷法利用银胶形成第二电极 107 和提取电极 116。

[0081] 以这一方式,可制造图 13 所示的光伏器件。根据该模式,能够在小于或等于 700℃ 的处理温度(优选地,小于或等于 500℃)下制造单晶光伏器件。换言之,可在大面积玻璃基板上利用 700℃ 或更低的温度上限制造设置有单晶半导体层的高效率光伏器件。通过分离单晶半导体基板的外层获得单晶半导体层。因为能够重复使用单晶半导体基板,所以可有效利地用资源。

[0082] (制造太阳能光伏组件的方法)

[0083] 该模式例示通过在大面积基板上接合单晶半导体层制造太阳能光伏组件的方法。制造用于太阳能光伏组件的光伏器件的步骤的主要部分类似于图 4A 至 6C 所示的步骤。

[0084] 图 7 是其中安排多个半导体层 103 并接合至基板 101 的俯视图。图 8A 和 8B 分别示出对应于图 7 中的线 C-D 和 E-F 的横截面图。通过图 4A 至 5B 所示的步骤在基板 101 上安排半导体层 103。半导体层 103 被固定到基板 101, 且接合层插入其间。第一电极 104 和氮化硅层 114 设置在接合层 102 和半导体层 103 之间。可通过热处理增加基板 101 和接合层 102 之间的键强度。即使在基板 101 具有大面积的情形中, 通过使用快速热退火方法 (RTA 法) 容易地执行用于形成接合的热处理, 在快速热退火方法中从灯发射光。

[0085] 此后, 执行图 6A 和 6B 所示的步骤, 使得在半导体层 103 中形成第一杂质半导体层 105。在半导体层 103 上形成绝缘层 115 之后, 通过提供开口且通过用能够控制半导体的价电子的杂质元素的掺杂来形成第一杂质半导体层 105。在该步骤中使用离子掺杂装置, 使得能够在将多个半导体层 103 固定至基板 101 的状态下执行该步骤。

[0086] 图 9 示出其中形成连接至第一电极 104 的接触孔 117 的步骤。图 10A 和 10B 分别示出对应于图 9 中的线 C-D 和 E-F 的横截面图。接触孔 117 穿透保护膜 106 和半导体层 103。用激光束处理保护膜 106 和半导体层 103, 从而能够形成接触孔 117。通过激光束在基板 101 上扫描, 可在多个半导体层 103 中简单且容易地形成接触孔。

[0087] 图 11 示出形成光伏器件的电极的步骤。图 12A 和 12B 分别示出对应于图 11 中的线 C-D 和 E-F 的横截面图。提取电极 116 通过接触孔 117 电连接至第一电极 104。在半导体层 103 上形成梳形的第二电极 107。此外, 第二电极 107 和提取电极 106 在基板 101 上向外引导, 且太阳能光伏组件的连接端子和第二电极 107 或提取电极 116 形成为一个元件。可由诸如铝、银、铅锡 (焊料) 等材料形成第二电极 107 和提取电极 116。例如, 通过丝网印刷法利用银胶形成第二电极 107 和提取电极 116。第二电极 107 和提取电极 116 在基板 101 上被引导时形成连接端子。

[0088] 以此方式, 能够制造太阳能光伏组件, 其中在一个基板上安排多个光伏器件。根据该模式, 能够在小于或等于 700°C 的处理温度 (优选地, 小于或等于 500°C) 下制造单晶光伏器件。即, 可在大面积玻璃基板上利用 700°C 或更低的温度上限制造设置有单晶半导体层的高效率光伏组件。

[0089] 应注意, 尽管该方式示出使用制造步骤 1 所述的光伏器件的情形, 但还可在使用制造步骤 2 中描述的光伏器件的情形中类似地制造太阳能光伏组件。

[0090] 此申请基于 2007 年 4 月 6 日向日本专利局提交的日本专利申请 S/N. 2007-101182, 其整个内容通过引用结合于此。

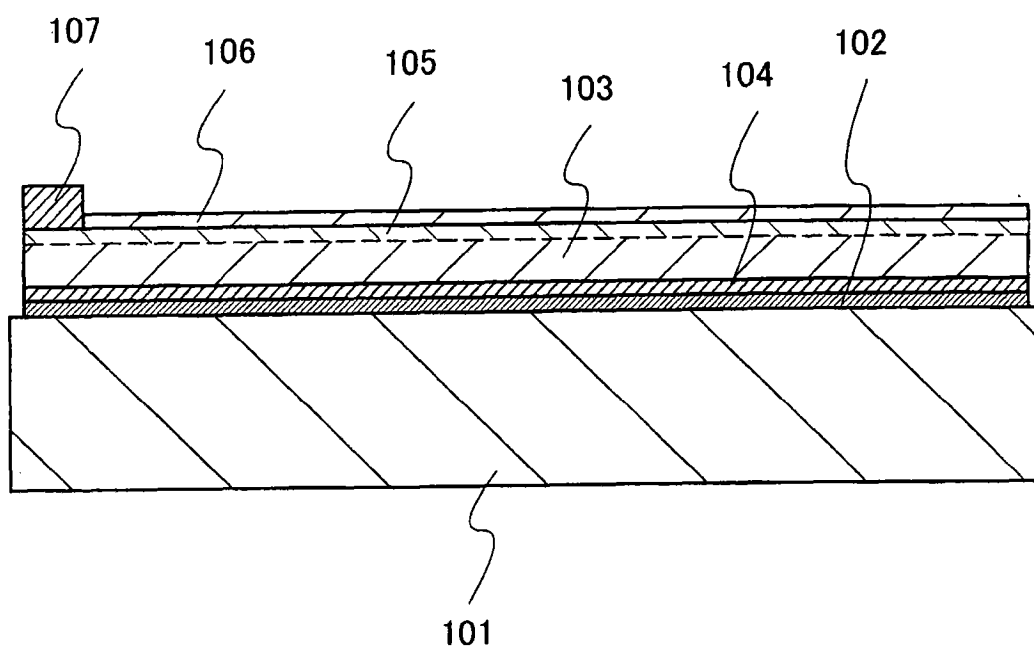


图 1A

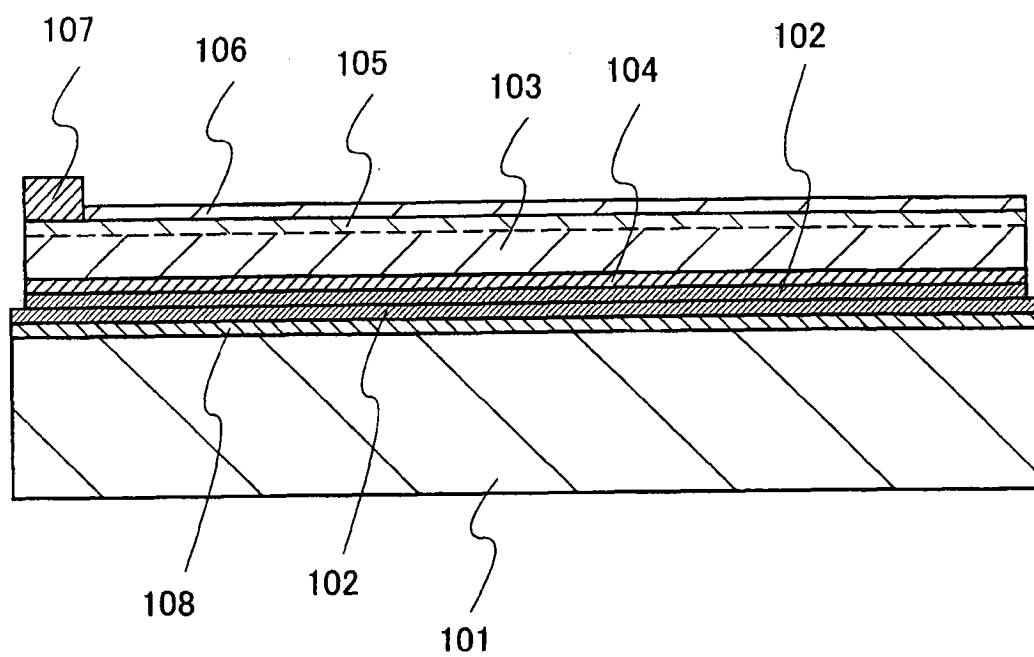


图 1B

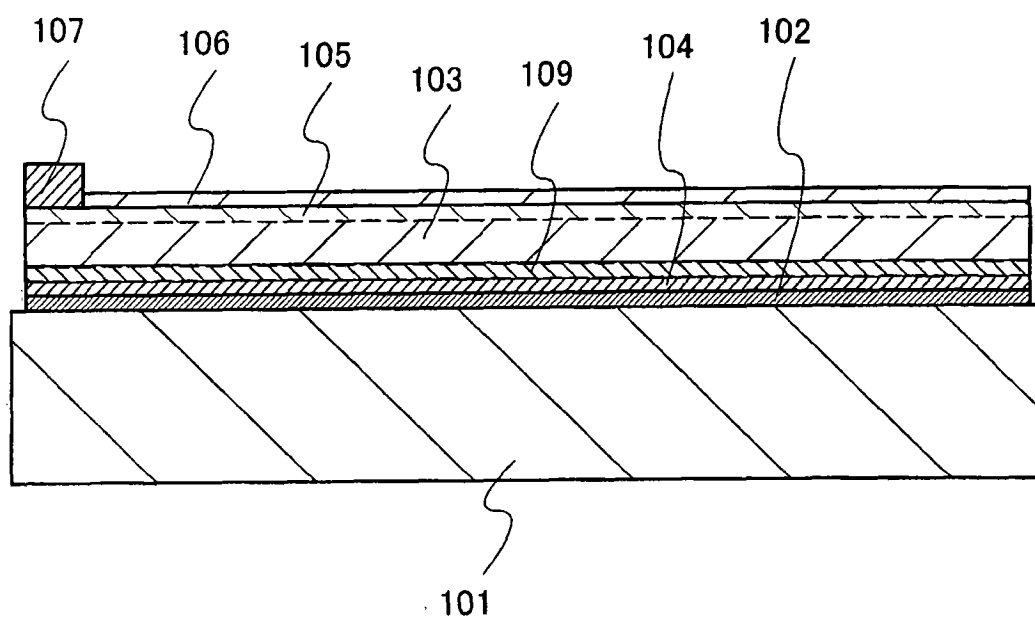


图 2A

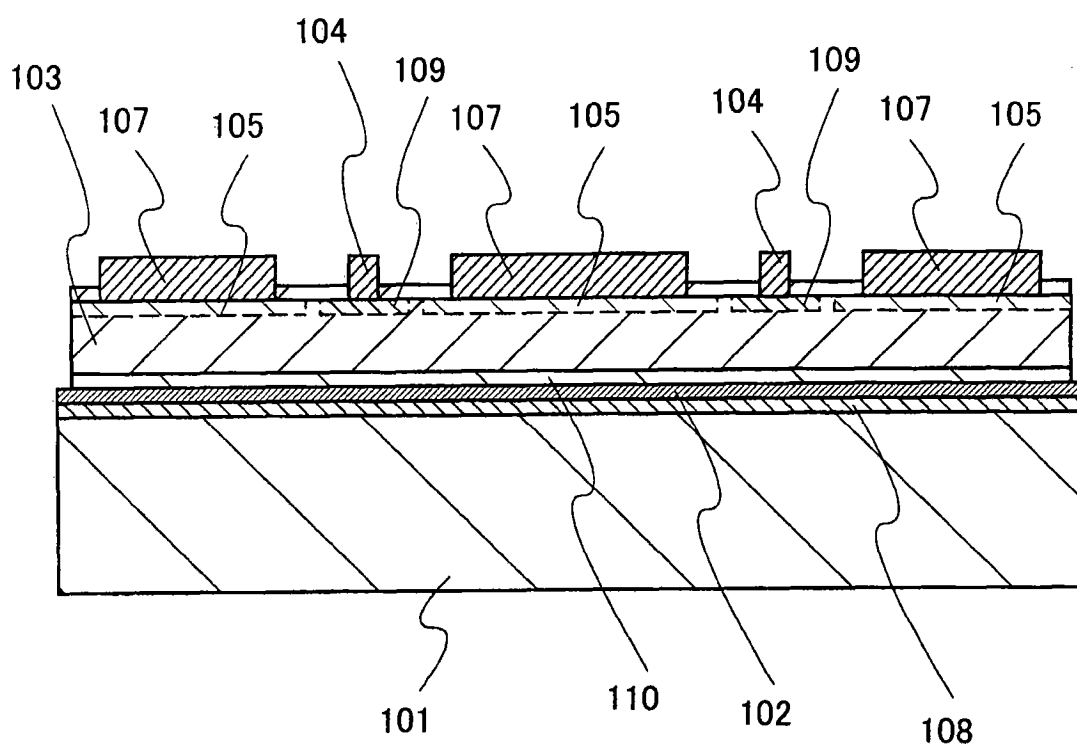


图 2B

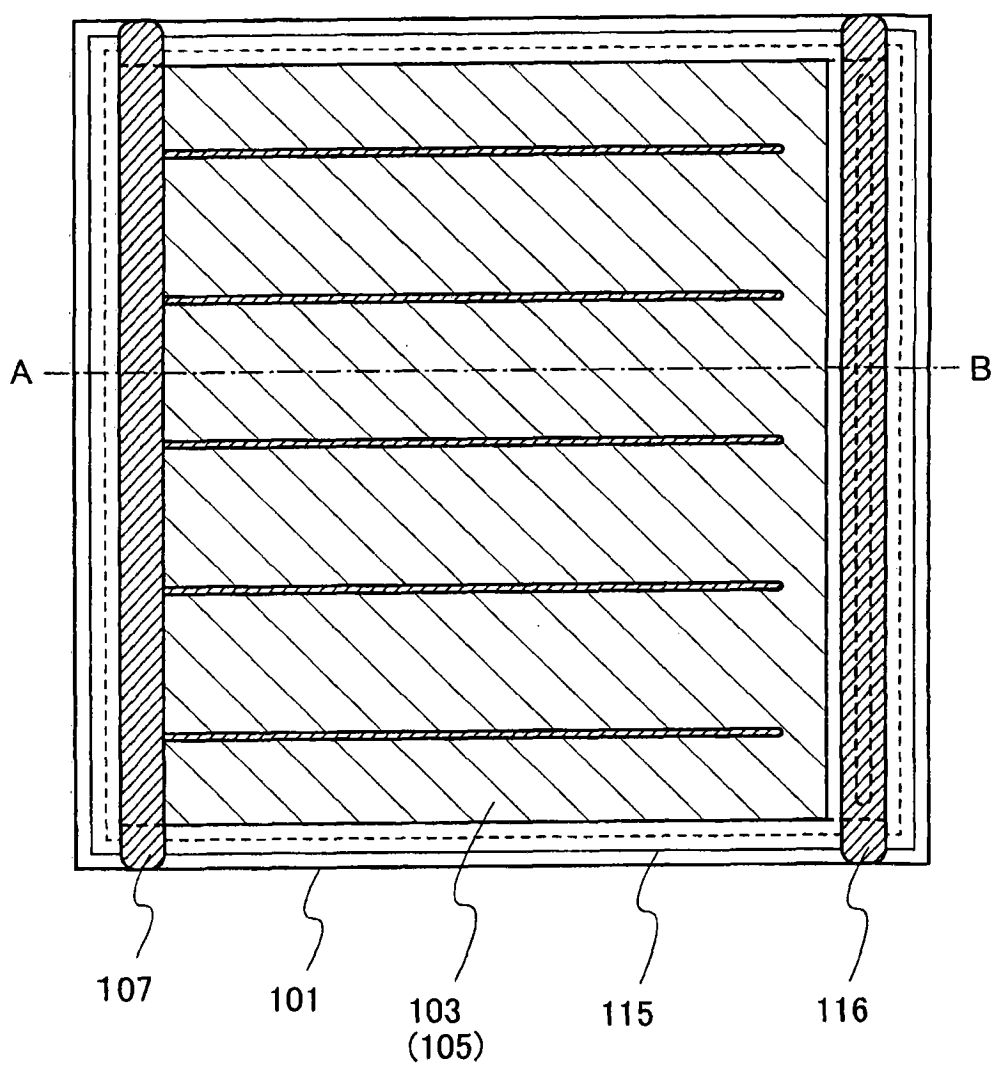


图 3

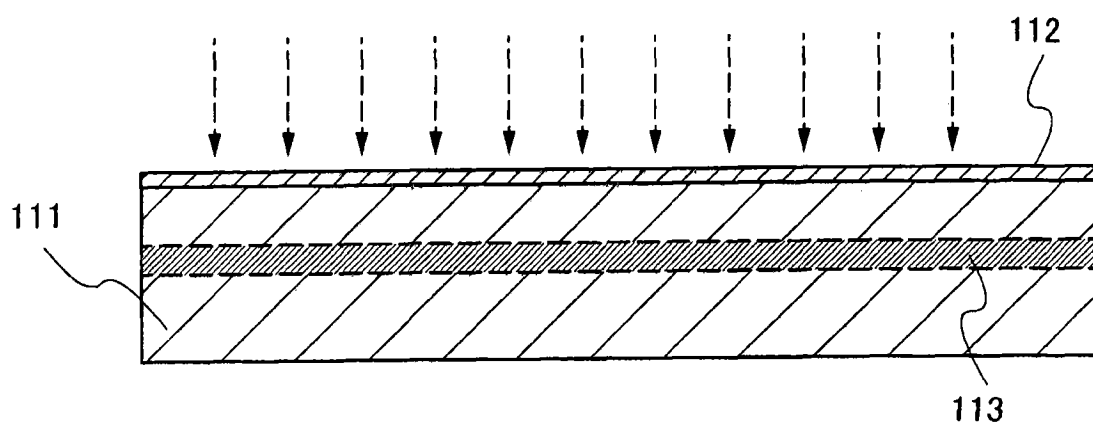


图 4A

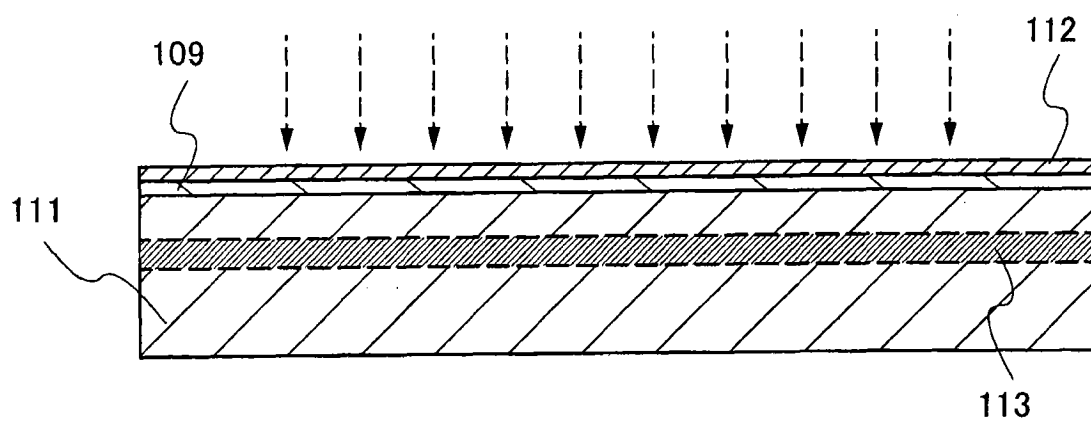


图 4B

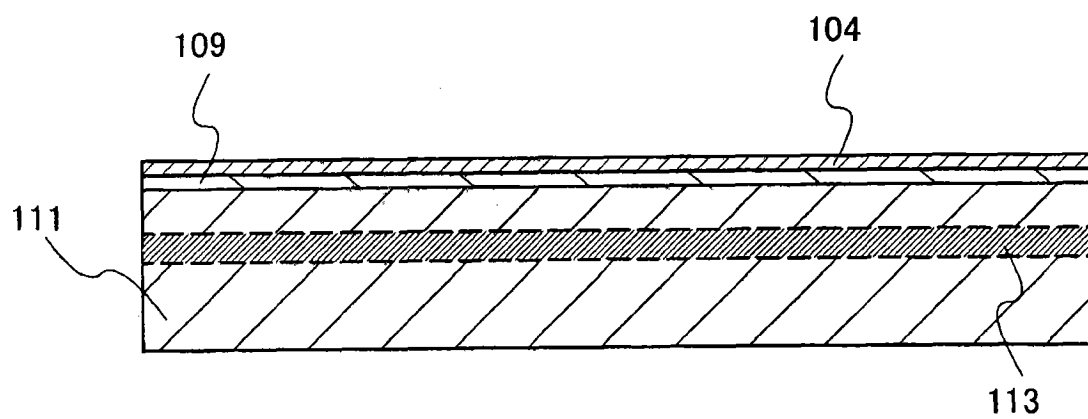


图 4C

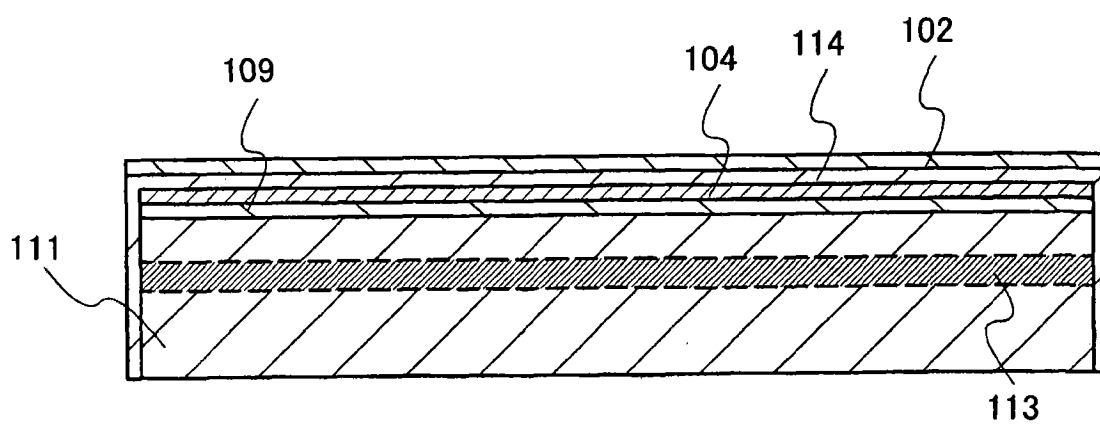


图 4D

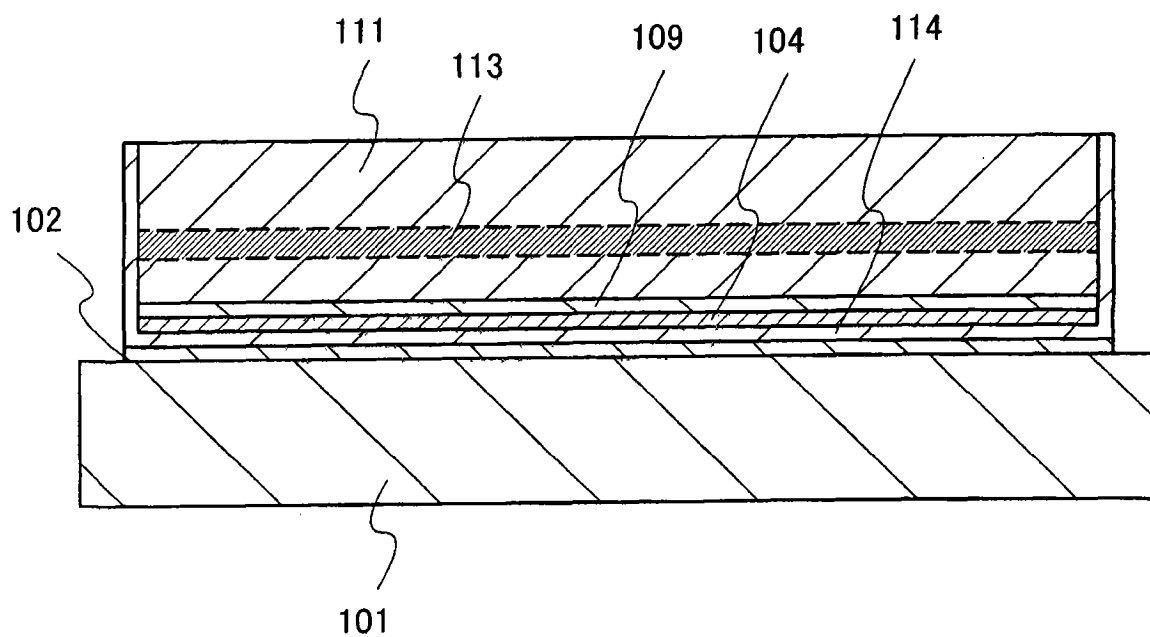


图 5A

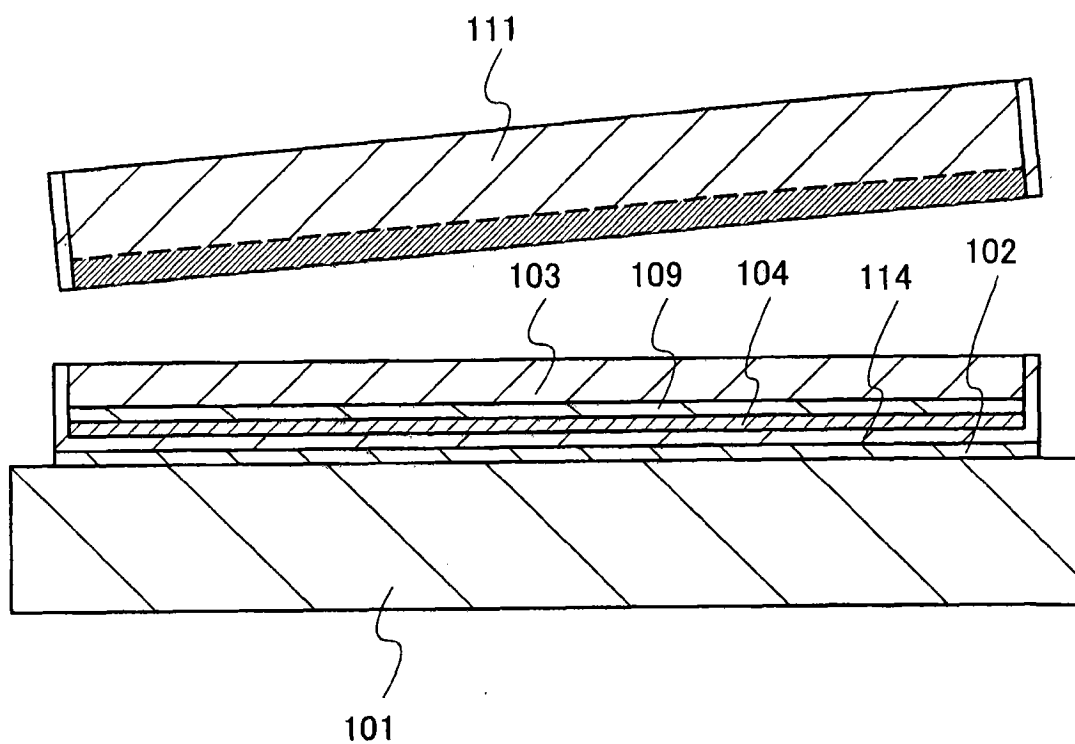


图 5B

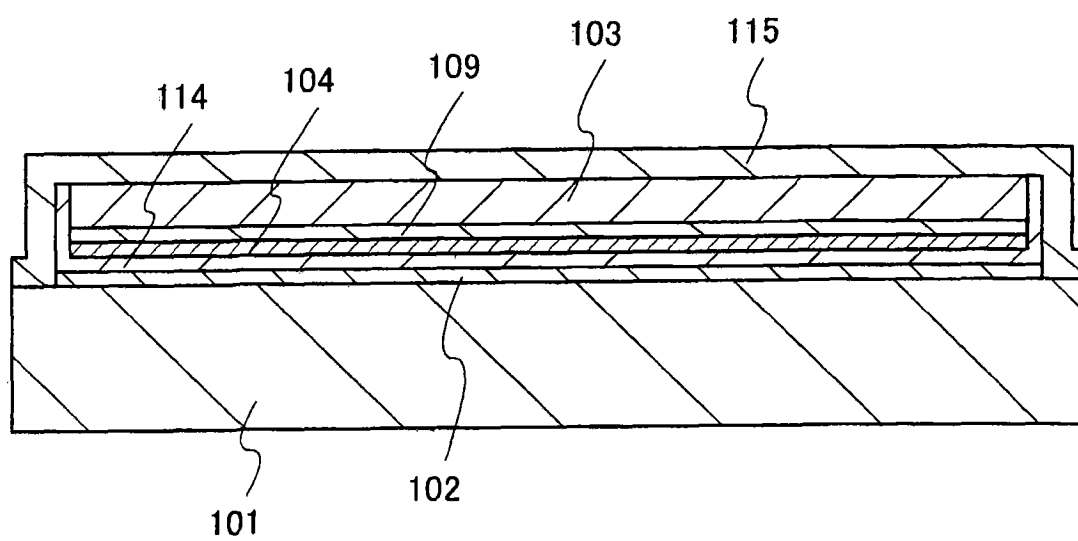


图 6A

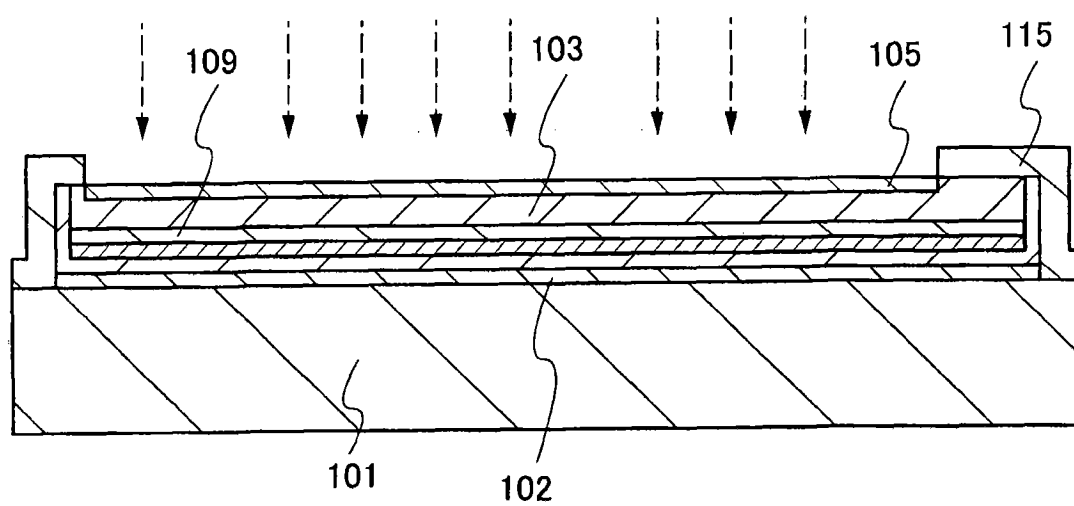


图 6B

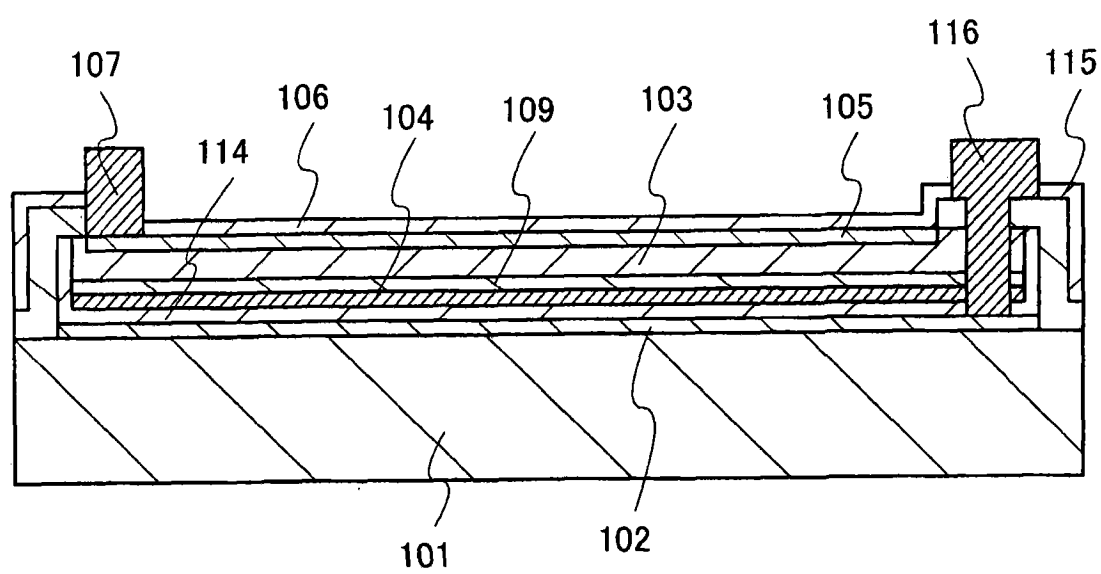


图 6C

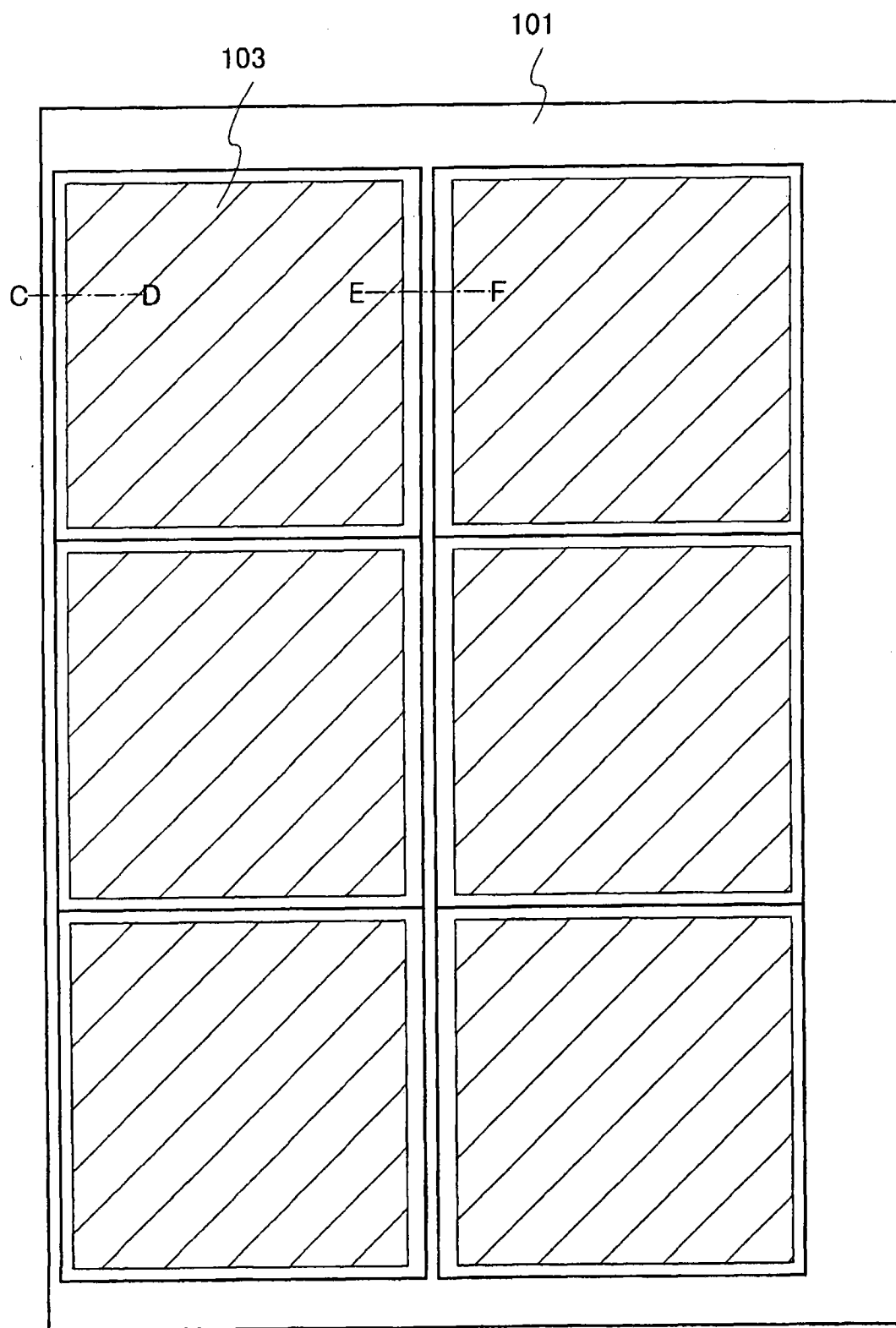


图 7

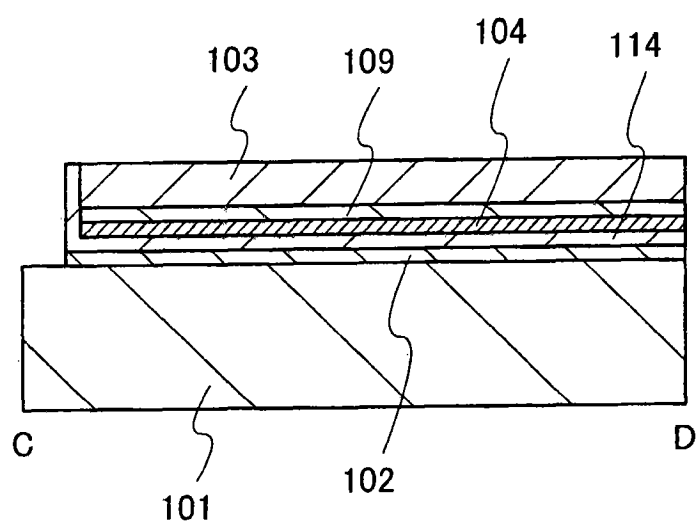


图 8A

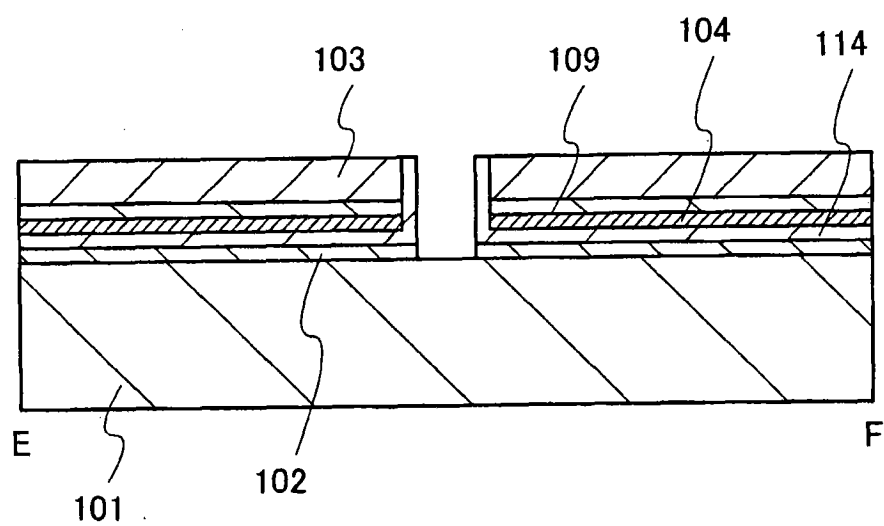


图 8B

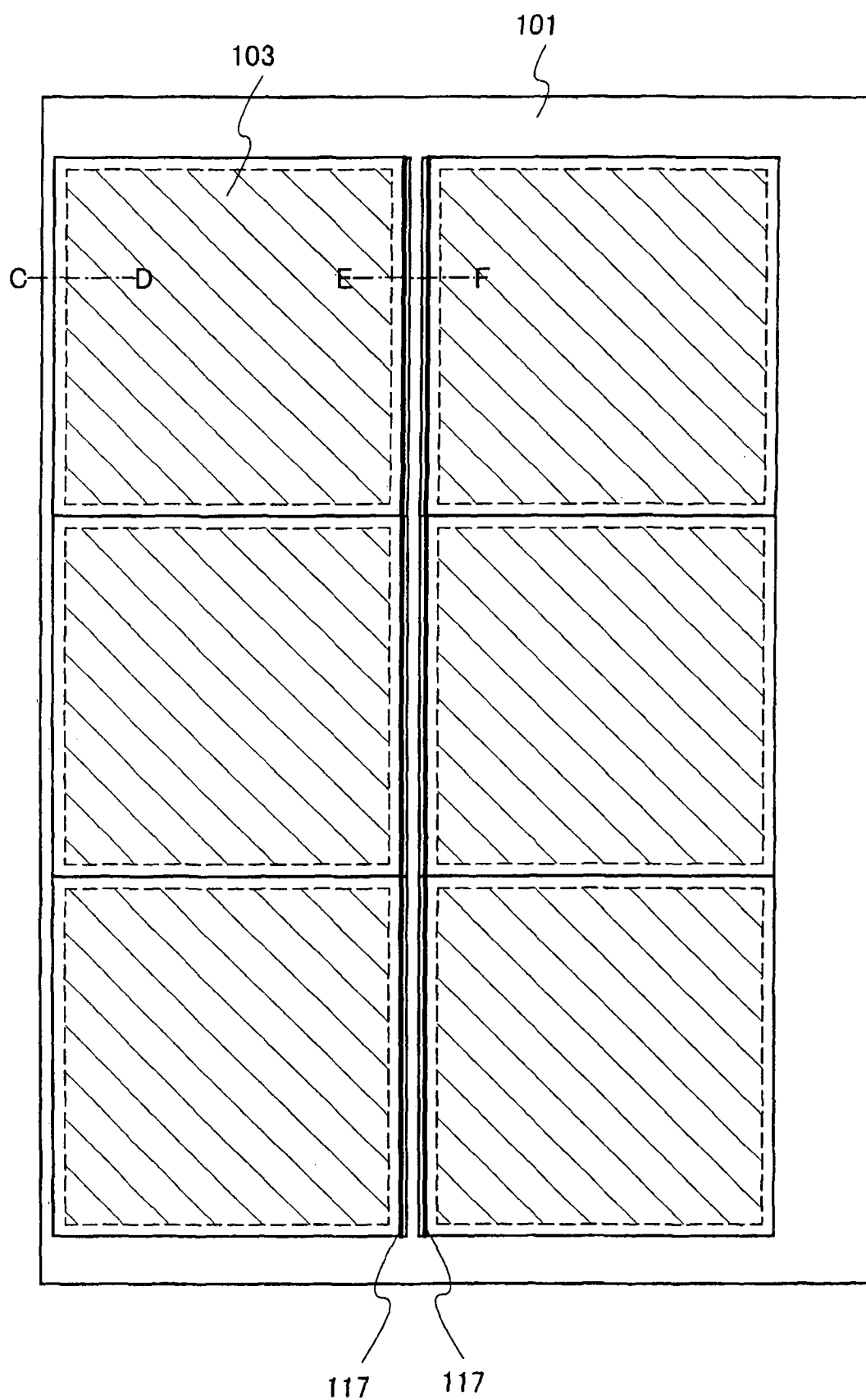


图 9

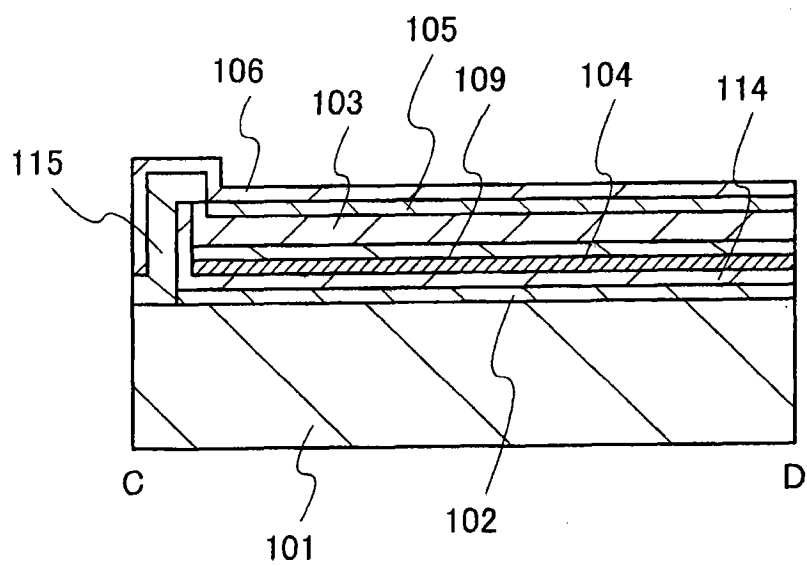


图 10A

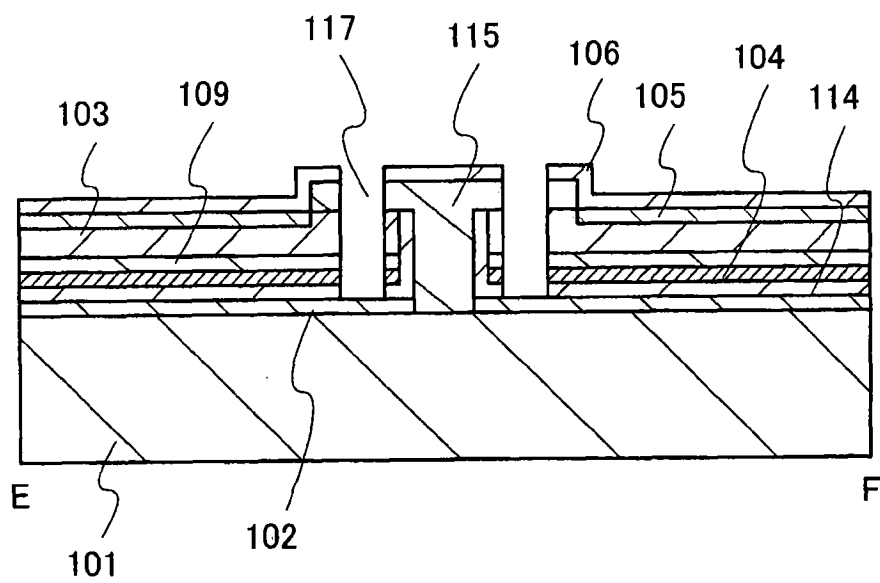


图 10B

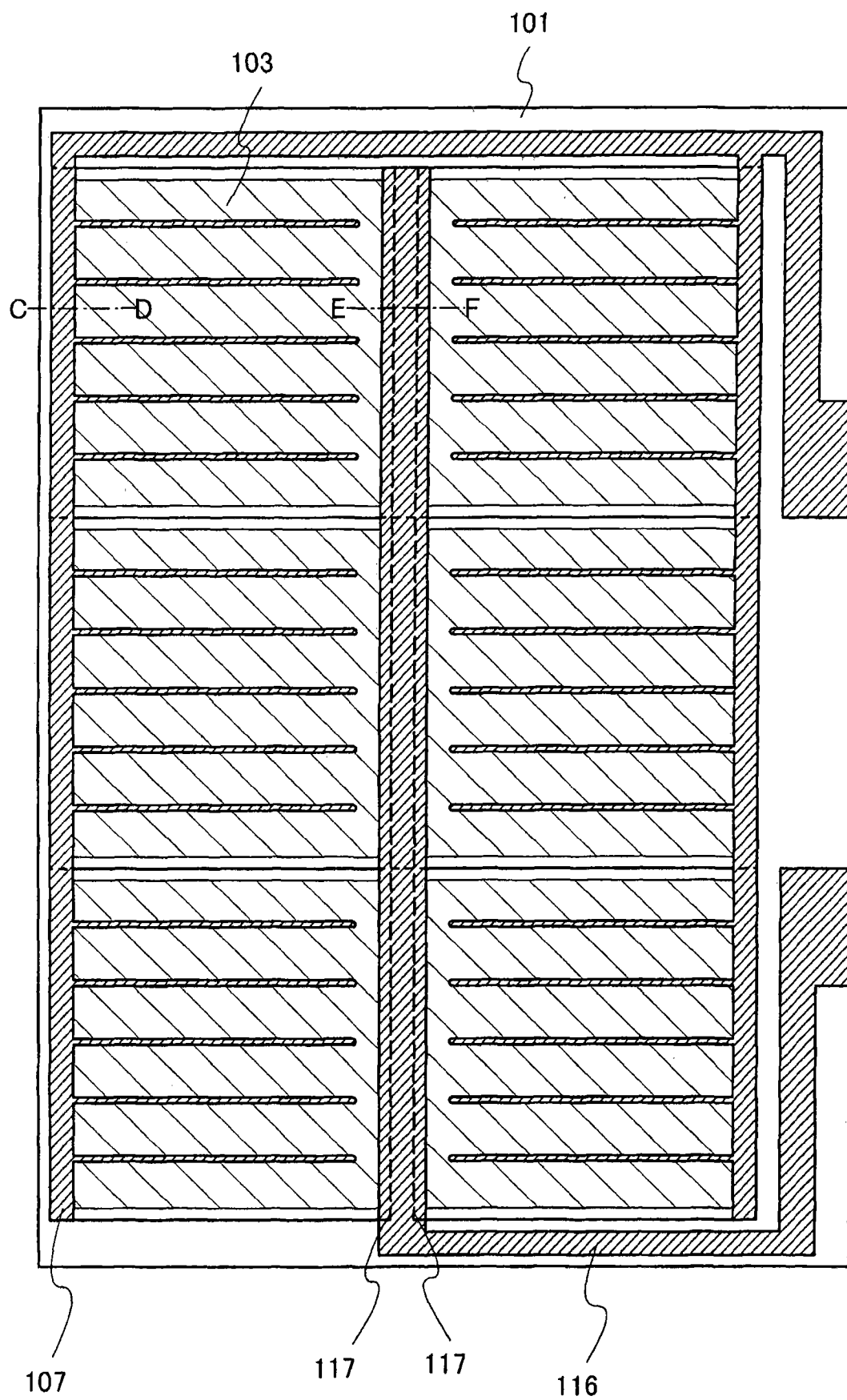


图 11

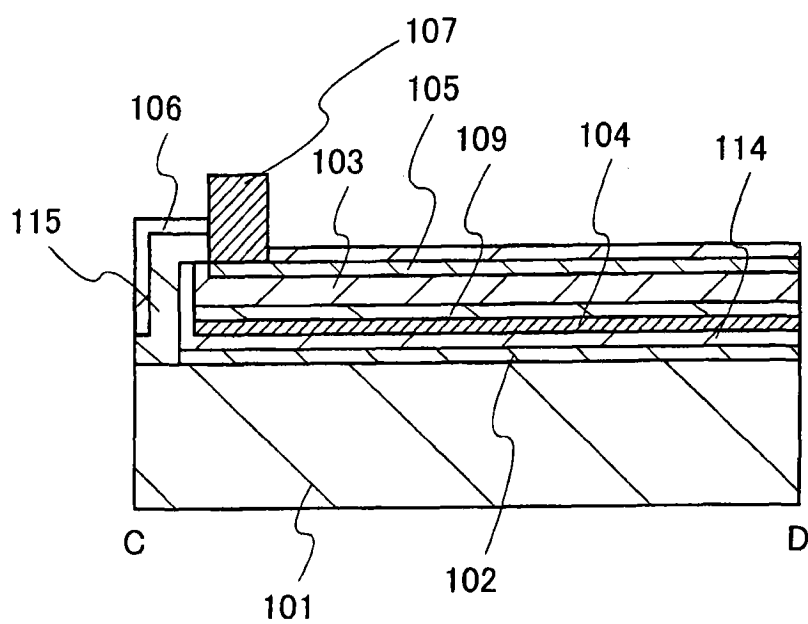


图 12A

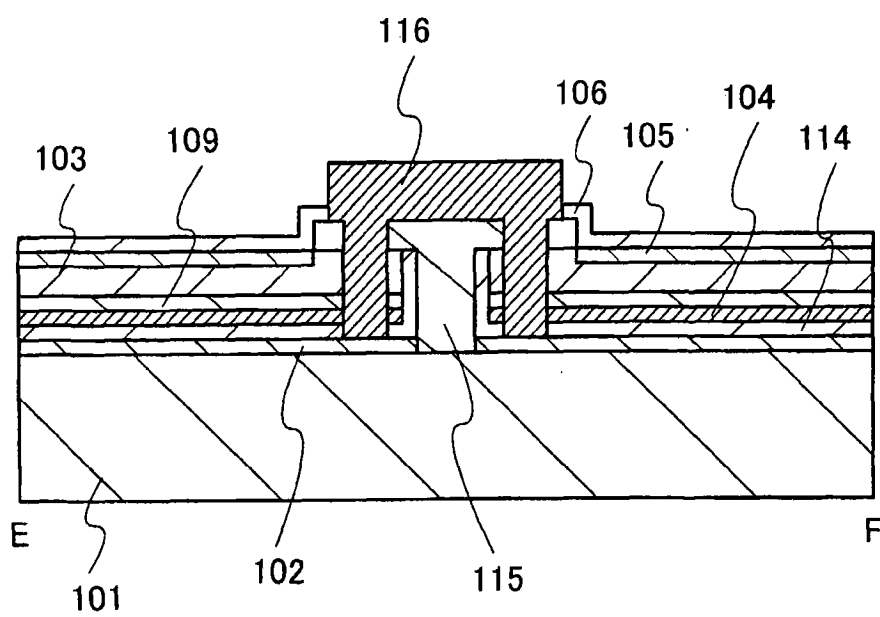


图 12B

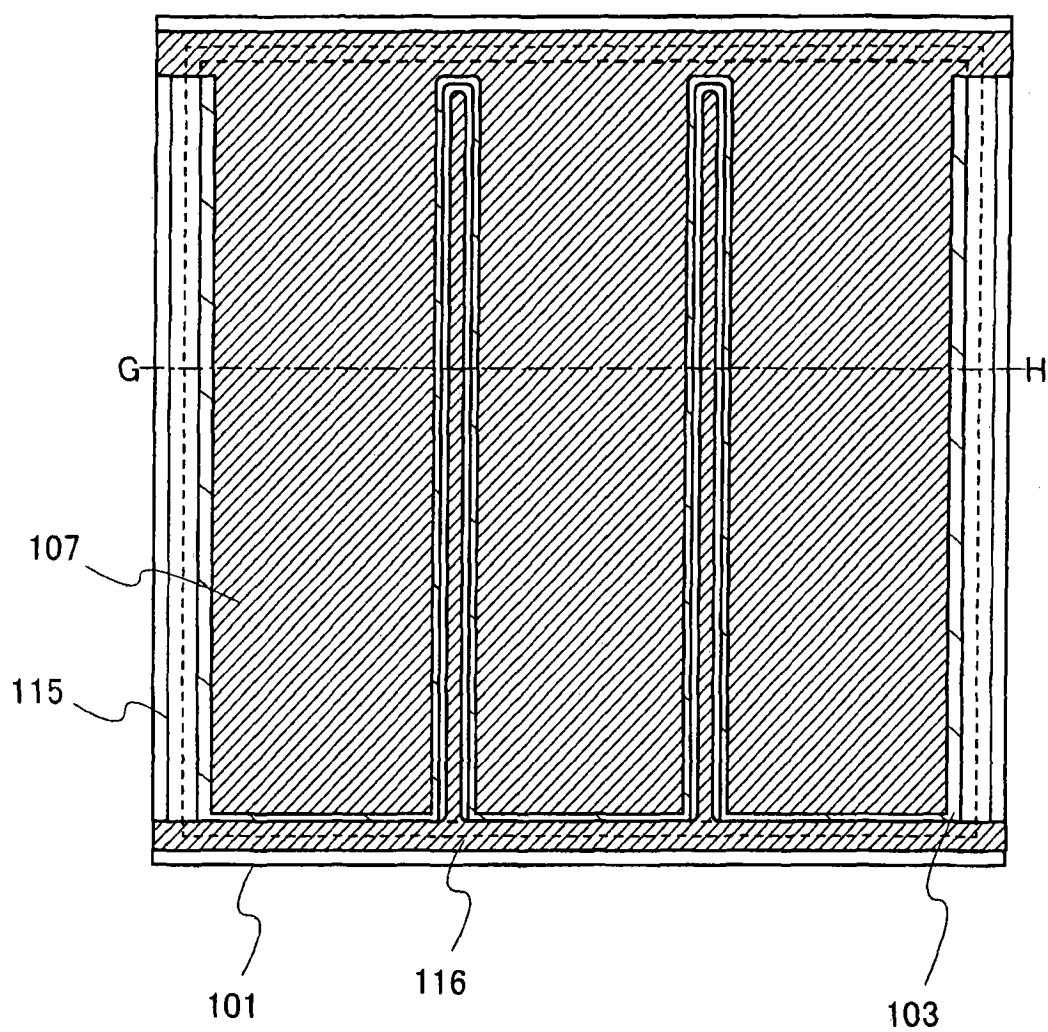


图 13

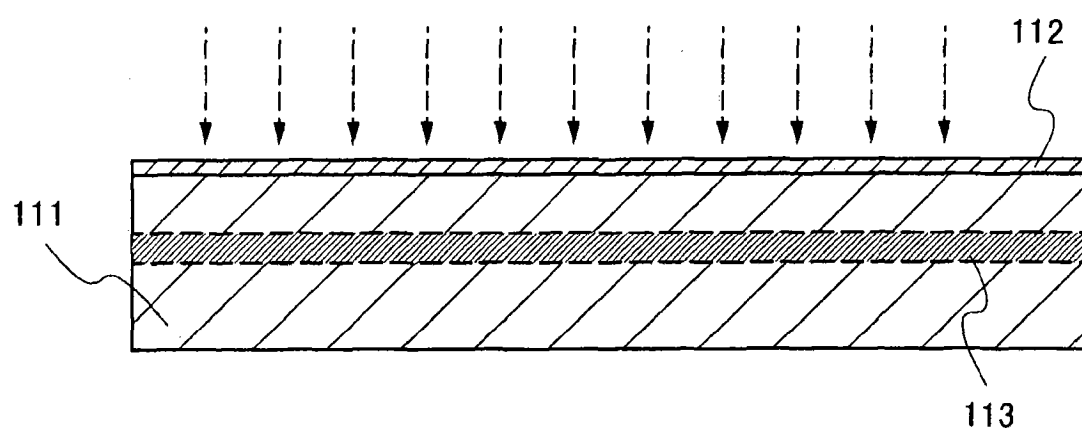


图 14A

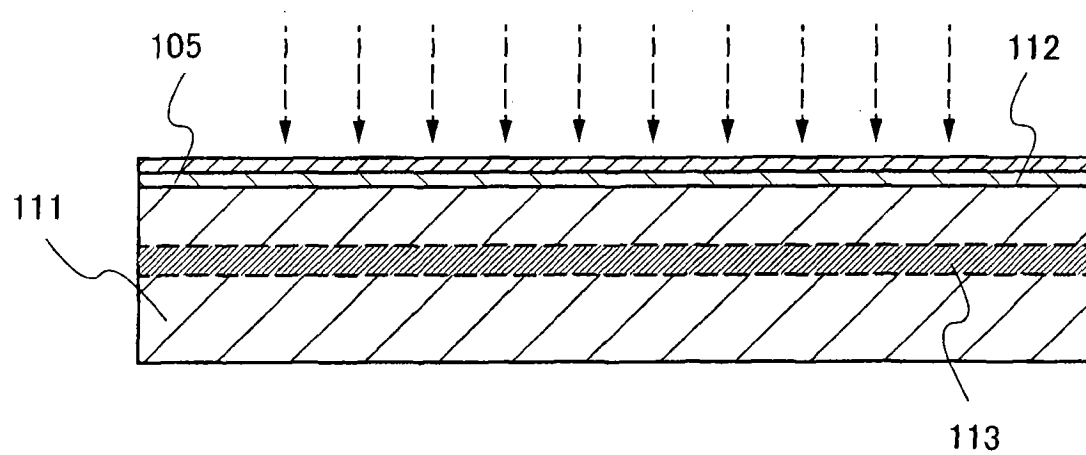


图 14B

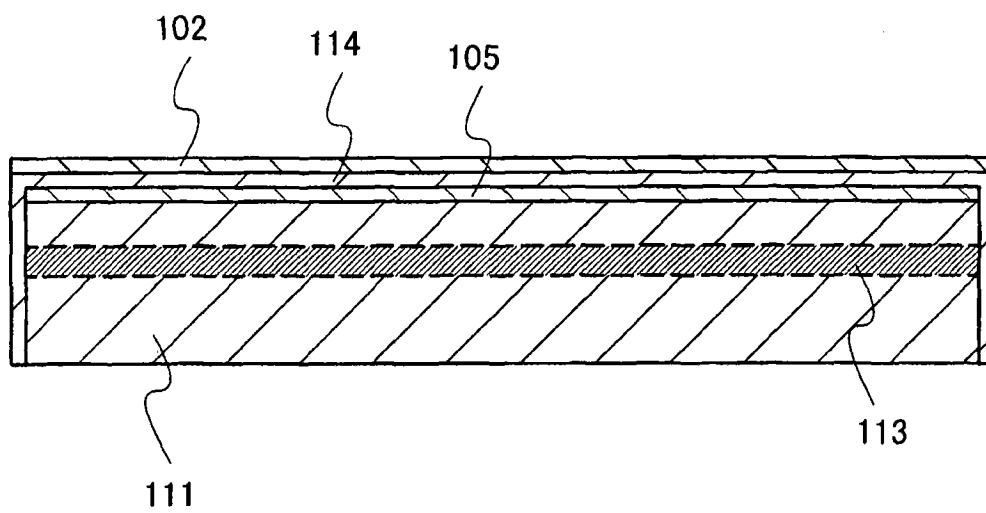


图 14C

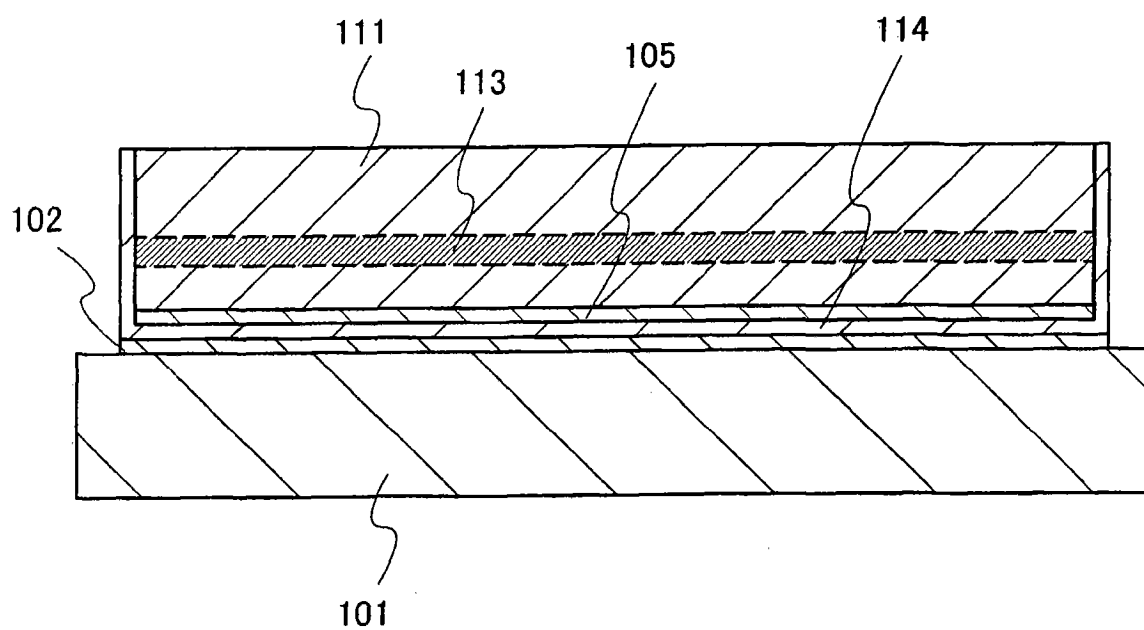


图 15A

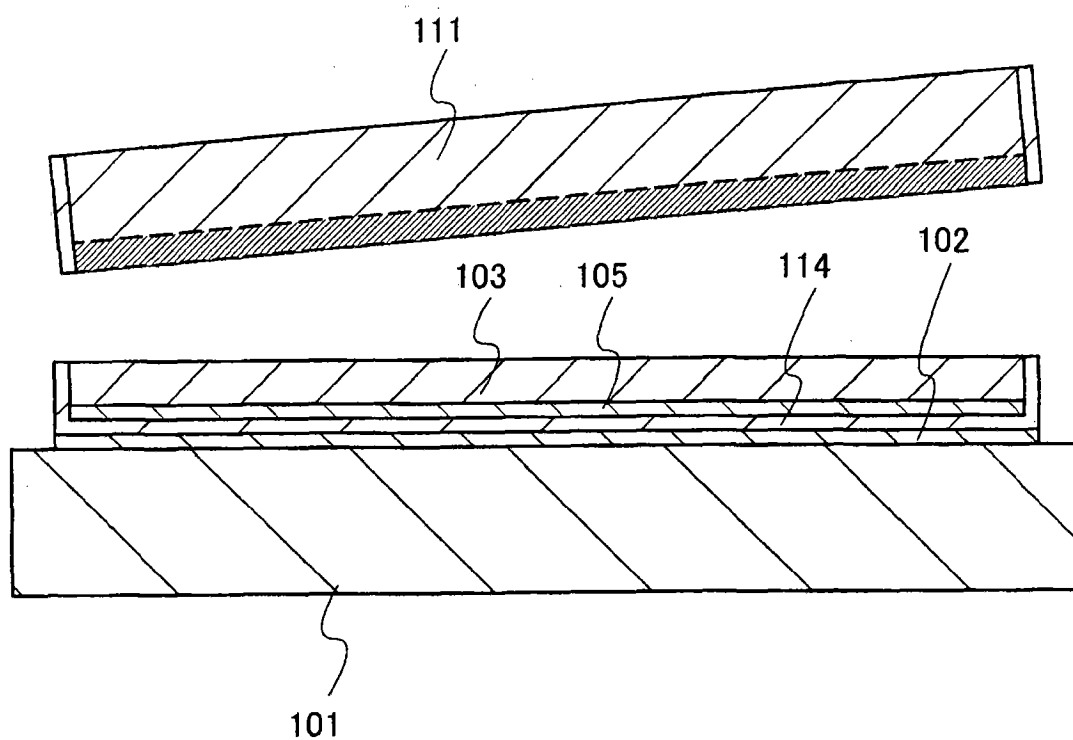
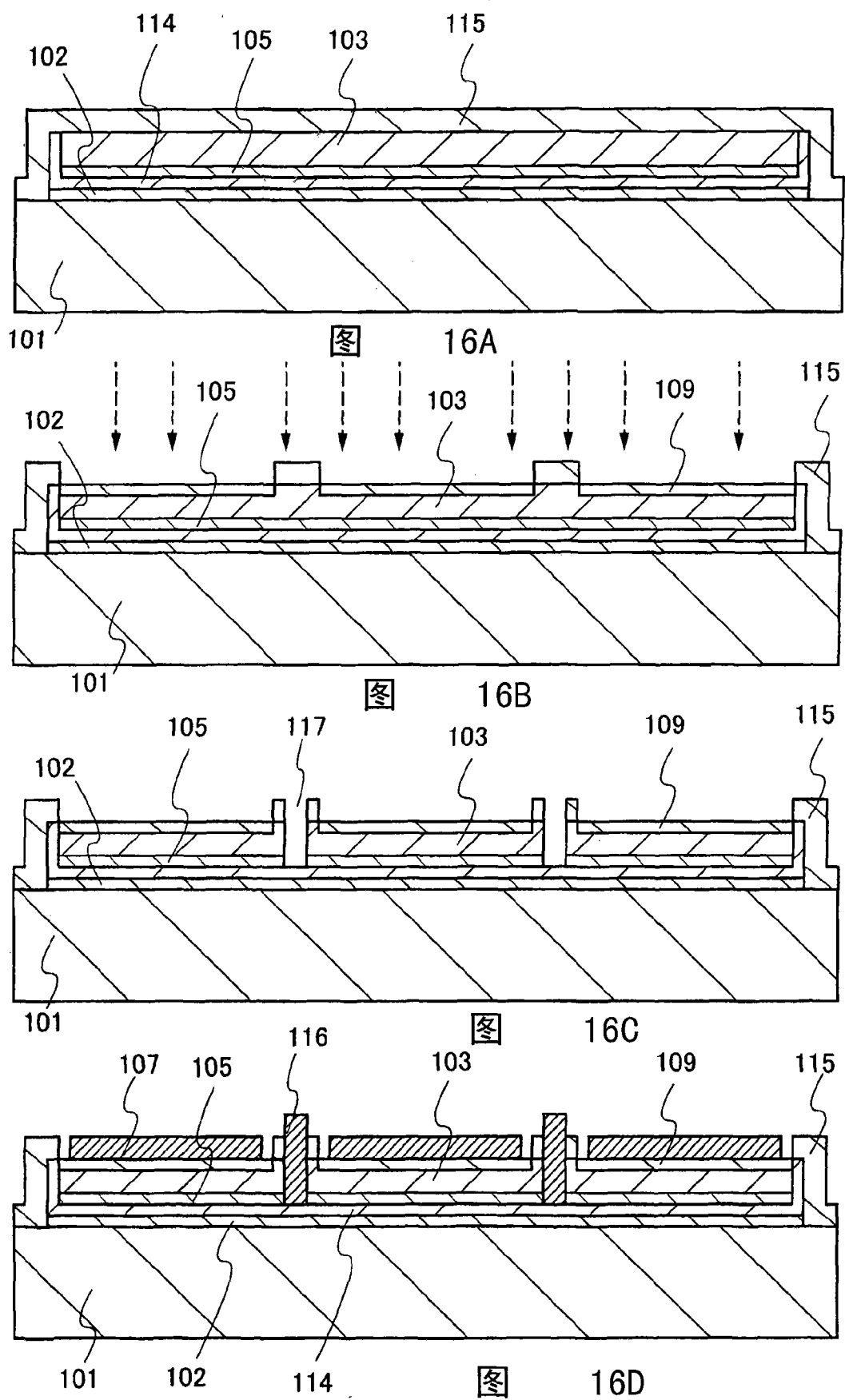


图 15B



附图标记

101 :基板,102 :接合层,103 :半导体层,104 :第一电极,105 :第一杂质半导体层,106 :保护膜,107 :第二电极,108 :阻挡层,109 :第二杂质半导体层,110 :氧化硅层,111 :单晶半导体基板,112 :表面保护膜,113 :分离层,114 :氮化硅层,115 :绝缘层,116 :提取电极,117 :接触孔